

Joniserande strålning

Förberedelser

Läs om *experimentell metodik* i avsnittet som kallas Labintroduktion.

Läs i Tillämpad atomfysik om *fotomultiplikatorn* (sid 133), *absorption och spridning av strålning* (sid 297-299), *uppbromsning av strålning i materia* (sid 308-309), *stabila isotoper* (sid 314-316), *sönderfallslagen* (sid 327-330) och *radioaktiva sönderfall* (sid 331-336).

Läs igenom hela laborationsinstruktionen.

Gör följande uppgifter:

Varje laborant ska vid laborationens början lämna renskrivna lösningar till handledaren för kontroll.

1. Ett fysikaliskt samband mellan x och y beskrivs matematiskt av

$$y = be^{-ax}$$

där a och b är konstanter. Skriv om sambandet ovan, så att du förväntar dig en rät linje i ett lämpligt diagram. Vilken blir linjens riktningskoefficient?

2. I aluminium är absorptionskoefficienten $\mu = 10 \text{ m}^{-1}$ då fotonenergin är 1,0 MeV. Hur tjockt aluminiumskikt behövs då för att ta bort 99 % av strålningsintensiteten?

Svar: 0,46 m.

3. Gammafotoner med energin 0,66 MeV får träffa en uppsättning blyplattor.
 - a) Hur tjockt blylager behövs för att halvera intensiteten hos strålningen? (Utnyttja figur 12.19 på sidan 308 i Tillämpad atomfysik. Det är kurvan för total absorption som du ska läsa av på. Observera den logaritmiska skalan!)
 - b) Räcker fotonenergin till för att skapa ett elektron-positron par i bly?

4. Isotopen ^{60}Co β^- -sönderfaller till en exciterad dotterkärna, som sedan avexciteras genom utsändning av γ -fotoner. Ange beteckningen på dotterkärnan.

5. ^{238}U sönderfaller först till ^{234}Th och sedan till ^{234}Pa . Vilka partiklar utsänds vid sönderfallen?

6. ^{222}Rn har en halveringstid på 3,8 dagar.

a) Hur många ^{222}Rn atomer behövs för att aktiviteten ska bli 10 kBq?

b) Hur mycket väger ^{222}Rn atomerna som ger upphov till aktiviteten 10 kBq?

Svar: a) $4,7 \cdot 10^9$ st. b) 1,7 μg .

Utförande

Säkerhetsinstruktioner

Under laborationen används radioaktiva preparat som sänder ut γ -strålning. Den strålning som du kommer att utsättas för är dock ytterst liten, förutsatt att instruktionerna nedan följs:

- Tänk på att mat och dryck inte är tillåtna i laborationslokalen.
- Tänk på att det inte är tillåtet att sminka sig i laborationslokalen.
- Tvätta händerna när du lämnar laborationslokalen (även i pauser).
- Rör aldrig några radioaktiva preparat med fingrarna.
- Preparaten får endast hanteras av handledaren (med pincett).

Bly används som strålskärm och som dämpningsmaterial vid mätning av γ -strålning. Bly är giftigt vid förtäring och inandning av damm. Därför gäller:

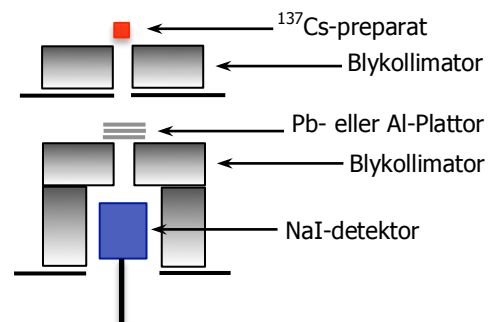
- Blytackorna får inte vidröras eller flyttas av studenterna.
- Blyplattorna som används vid mätningarna får endast hanteras med handskar.

Laborationen består av två delar:

- Bestämning av absorptionskoefficienter och halvvärdestjocklekar för aluminium och bly som utsätts för γ -strålning.
- Bestämning av halveringstiden hos en radioaktiv isotop.

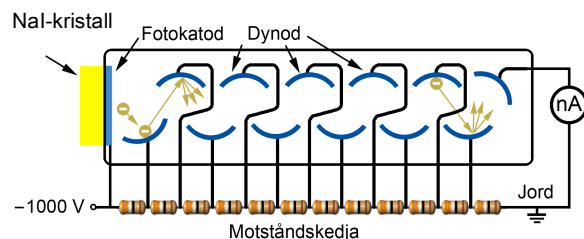
Absorptionsmätning

Försökssuppställningen består av ett radioaktivt preparat, ^{137}Cs , som avger γ -strålning, ett antal aluminium- och blyplattor samt en detektor med räknare, se figur 1. Detektorn består av en scintillerande NaI-kristall och tillhörande fotomultiplikator. När en γ -foton växelverkar med kristallen (via fotoelektrisk effekt, Comptonspridning eller parbildning) omvandlas energin till ljus. Ljuset registreras med en fotomultiplikator, se figur 2. Signalen från fotomultiplikatorn förstärks och når en s.k. pulshöjdsanalysator där antalet pulser av olika storlek lagras.



Figur 1 Försökssuppställning.

Eftersom mängden ljus som avges från NaI-kristallen är proportionell mot γ -fotonens avgivna energi, är signalen från fotomultiplikatorn proportionell mot γ -fotonens energi.



Figur 2 NaI-kristall och fotomultiplikator.

^{137}Cs sönderfaller med en halveringstid på 30,1 år och sönderfallet sker företrädesvis till isotopen $^{137}\text{Ba}^*$. Det är sönderfallet av denna exciterade bariumpärna som ska studeras i laborationen. $^{137}\text{Ba}^*$ sönderfaller genom utsändning av γ -fotoner med energin 0,662 MeV till den stabila ^{137}Ba -isotopen, se figur 3.

Uppgift 1

För att få en smal och väl avgränsad stråle mot detektorn placeras två bly-kollimatorer (bländare) mellan detektorn och preparatet. Se Figur 1. 0,662 MeV toppen identifieras på pulshöjdsanalysatorn och en s.k. "region-of-interest" ställs in över toppen. Mät sedan antalet pulser i toppen under 30 sekunder med ett varierande antal bly- eller aluminiumplattor mellan preparatet och detektorn. (Eftersom du räknar endast pulser av en specifik energi behöver du inte kompensera för bakgrundsstrålningen.) Mät de olika plattornas tjocklek med ett skjutmått.

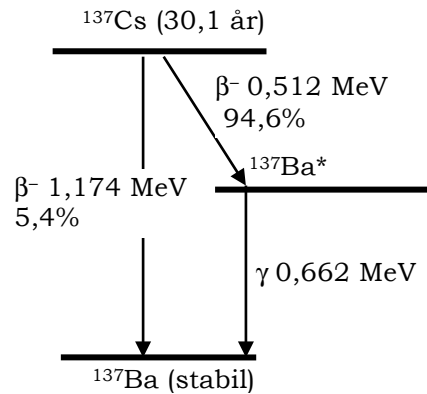
Uppgift 2

När de relativa intensiteterna har beräknats ritas du ett diagram där mät-punkterna förväntas ge en rät linje. Bestäm absorptionskoefficienten μ och halvvärdestjockleken för bly respektive aluminium.

Halveringstid

Försökuppställningen består av ett radioaktivt preparat och en detektor med tillhörande räknare, se figur 4. Preparatet tillverkas under laborationen av laborationshandledaren. Detektorn, som kallas Geiger-Müller rör, består av en jonisationskammare med två elektroder. Se figur 5.

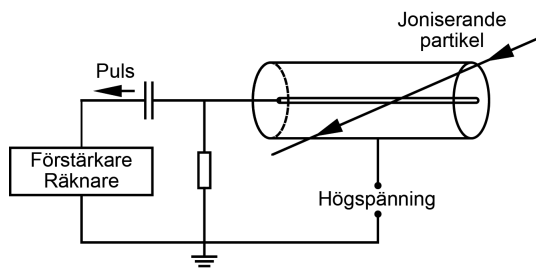
När en γ -foton (eller någon annan joniserande partikel) passerar genom kammaren joniserar ett antal gasatomer. Den höga spänningen (ca 500 V) mellan kammarens elektroder accelererar de frigjorda elektronerna och via sekundär jonisation uppkommer en kraftig urladdningspuls (med en spänning på ca 10 V). Pulserna skickas till en räknare där antalet pulser lagras.



Figur 3 Sönderfall av ^{137}Cs .



Figur 4 Experimentuppställning.



Figur 5 När en joniserande partikel passerar genom GM-röret skapas en urladdningspuls.

Tillverkningen av preparatet sker med hjälp av en s k Cs/Ba-137m-generator. Denna består av ett litet ^{137}Cs preparat som är bundet i ett speciellt jonutbytesmaterial. En mycket svag lösning innehållande saltsyra och koksalt används för att extrahera sönderfallsprodukten $^{137}\text{Ba}^*$ ur ^{137}Cs -preparatet. **Denna del av laborationen utförs av handledaren.** Alla laboranter förses sedan med några droppar lösning innehållande en liten mängd $^{137}\text{Ba}^*$ som sönderfaller med en mycket kort halveringstid. Det är denna halveringstid som ska bestämmas. Dropparna placeras i en liten metallkopp som ställs rakt under GM-röret.

Uppgift 3

För att undvika systematiska fel i detta experiment måste först bakgrundsstrålningen bestämmas. Kosmisk strålning och radioaktiva sönderfall i omgivningen fluktuerar kraftigt och därför mäts antalet pulser under en relativt lång tid. Justera in GM-röret tätt ovanför en ren metallkopp. Mät därefter bakgrundsaktiviteten under minst 5,0 minuter.

Uppgift 4

Handledaren ger dig nu några droppar lösning i metallkoppen. Placera åter denna under GM-röret. Registrera härefter aktiviteten var 10:e sekund under minst 400 sekunder. Upprepa mätserien en gång till. Addera eller bilda medelvärde punktvis mellan de två mätserierna. Glöm inte att subtrahera bakgrunden.

Uppgift 5

Pricka ett diagram där mätpunkterna förväntas ge upphov till en rät linje och bestäm halveringstiden. Jämför resultatet med tabellvärde.